

asdf

RAME: PROPRIETÀ, PRODUZIONE, LEGHE E TRATTAMENTI TERMICI

17 November 2011

Proprietà e caratteristiche generali

Il **rame** è innanzitutto un metallo, dal colore **marrone - rossastro**.

Ha trovato un impiego diffuso in svariate applicazioni, perché si presta facilmente alle lavorazioni alle macchine utensili e alle lavorazioni per **deformazione plastica**. Presenta una elevata conducibilità elettrica e termica nonché una buona resistenza alla corrosione.

Va sottolineato inoltre che il rame presenta un'**elevata solubilità** con tanti altri elementi, il che permette la formazione di numerosi tipi di **leghe**.

Esso, nella serie elettrochimica degli elementi, è il vicino alla zona più nobile e non è attaccato dagli acidi, compresi quelli forti, potendo quindi rimanerne in contatto senza arrivare ad alcuna conseguenza. Resiste in ambienti fortemente alcalini e nelle soluzioni saline ed il suo accoppiamento con svariati metalli, molti dei quali meno nobili, non procura forme di corrosione del rame stesso.

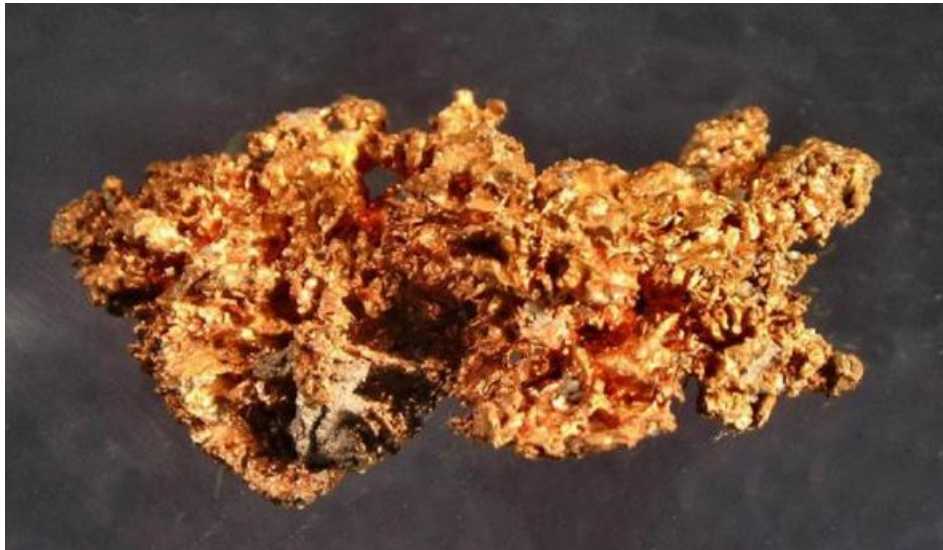


immagine tratta da <http://www.mineraliegemme.com/Rame.html>

Nella tabella che segue sono riportate le **principali caratteristiche** del rame:

Simbolo chimico	Cu
Peso atomico	63.546
Reticolo cristallino	CFC
Temperatura di fusione	1083 ° C
Resistività elettrica a 20° C	0.0167 $\mu\Omega\text{m}$
Conduttività termica a 20° C	393.56 $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
Resistenza a trazione	55 MPa
Durezza Brinell	15

I minerali

Il rame è raramente presente in natura in forma di metallo puro e si parla, in tal caso, di **rame nativo**. Il più delle volte, infatti, è estratto dai suoi minerali che sono composti chimici del rame associati a materiali estranei, genericamente chiamati **ganga**.

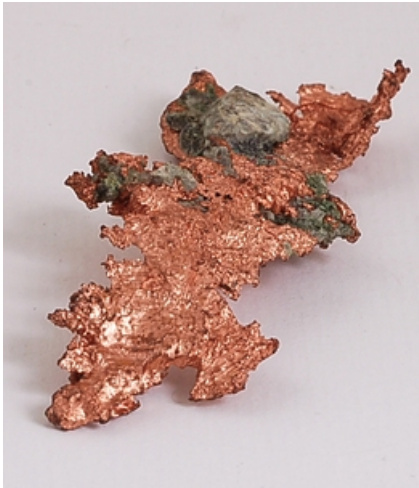
In particolare i minerali del rame sono svariati, anche se sono pochi quelli che, essendo abbondanti, ne permettono lo sfruttamento industriale.

Nella tabella che segue sono elencati alcuni dei **minerali del rame**:

Minerale	% di rame	Formula chimica	Caratteristiche e notizie
Rame nativo	100	Cu	monometrico; rosso rame; lucentezza metallica; durezza Mohs 2,5-5; densità : 8,9 g/cm^3 ; raro
Calcocite	79.88	solfuro: Cu_2S	trimetrico ; grigio-bluaastro; lucentezza metallica; durezza Mohs 2,5-3; densità : 5,7 g/cm^3
Covellite	66.65	solfuro: CuS	esagonale; blu-nero; lucentezza metallica; durezza Mohs 1,5-2; densità : 4,6 g/cm^3 (scoperta dal mineralogista Nicola Covelli, primi XIX secolo, sul Vesuvio)
Cuprite	88.82	ossido: Cu_2O	cubico; rosso carminio; lucentezza submetallica; durezza 3,5-4 Mohs; densità : 6,1 g/cm^3
Azzurrite	55	carbonato: $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	monoclinico; azzurro intenso, lucidezza vitrea; durezza Mohs 3,5-4; densità : 3,8 g/cm^3
Bornite	63	solfuro: Cu_5FeS_4	cubico; rosso rame; lucentezza metallica; durezza Mohs 3; densità : 5 g/cm^3
Calcopirite	30-40	solfuro: CuFeS_2	tetragonale; giallo-verdastro; lucentezza metallica; durezza 4,2 Mohs; densità : 4,2 g/cm^3 ;

80% produzione industriale rame

Malachite 57 carbonato: monoclino; verde giada-smeraldo; durezza Mohs
 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ 3,5-5; densità : 4 g/cm^3



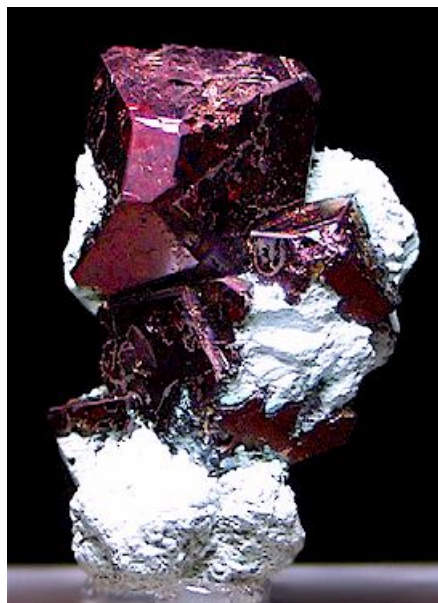
Rame nativo



Calcocite



Covellite



Cuprite

*Azzurrite**Bornite**Calcopirite**Malachite*

Il ciclo produttivo

Vediamo insieme le **fasi** del ciclo produttivo del rame.

I minerali di rame sono ricavati dalle **miniere** e vengono ridotti grazie a potenti **mulini**. Essi diventano **polvere** con granulometria adeguata allo scopo di ottimizzare il successivo trattamento di **flottazione**, che permette di separare le frazioni contenenti rame da quelle contenenti gli inerti.

La concentrazione di rame che si può ottenere varia dal 30 al 50 %, dipendentemente dal tenore di rame del minerale di partenza.

Si ottengono dei **fanghi** che vengono fatti essiccare meccanicamente prima di essere immessi nel forno per l'**arrostimento**. Si procede in tal modo in quanto i fanghi contengono una quantità notevole di acqua, il che richiederebbe energia in più (e quindi anche uno spreco energetico) per consentire l'evaporazione. Si ottiene un concentrato a base di **minerali solforati**.

Successivamente si procede ancora termicamente: il tenore di zolfo viene ridotto facendo ricorso a quella che è la sua affinità chimica con l'ossigeno, la quale è maggiore rispetto a quella del rame.

Il minerale viene poi riscaldato fino ad una temperatura tra i 600 e i 700 °C, in presenza di aria. Il ferro, riscaldandosi, forma **Fe₂O₃** e **Fe₃O₄**, mentre il rame rimane allo stato di **solfuro**.

Fusione e conversione

Nel forno viene eseguita la fusione del concentrato in un ambiente reso ossidante tramite **insufflaggio di aria** nel bagno. Il silicio, dopo essere stato aggiunto, consente di eliminare il ferro che è presente, formando la **scoria** composta da silicati, che galleggia e viene rimossa per sfioramento.

Il materiale arrostito viene portato a temperatura tra i 1200 e i 1250 °C. Se negli inerti (detti anche **ganga**) non è presente abbastanza silice, questa viene aggiunta e reagendo con l'ossido ferrico forma **Fe₂SiO₄** che è allo stato liquido, in questo caso. Fonde pure il solfuro rameoso e si unisce al solfuro di ferro che si forma originando la **metallina** (composta da solfuro di rame e solfuro di ferro).

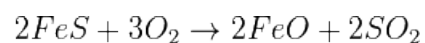
Metallina ed ossidi di ferro sono liquidi non miscibili e quindi si separano in due strati e vengono estratti da due fori diversi dal forno. Il rame, che è presente in tenore anche del 50 % nella metallina, viene estratto dal foro inferiore.

Raffinazione termica primaria

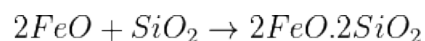
Tale trattamento serve a ridurre ancor di più la concentrazione di impurezze presenti nel rame.

Il metallo fuso viene trattato di nuovo mediante insufflaggio di aria permettendo alle impurezze di diventare scorie. In particolare la raffinazione termica del rame viene eseguita con un **convertitore**. Esso non è altro che un cilindro di acciaio di lunghezza pari a 7 - 8 m e con diametro pari a 3 - 4 m. E' disposto in posizione orizzontale con una corrente di aria che lambisce la superficie del bagno.

"Chimicamente" parlando, si forma l'**ossido ferroso**:

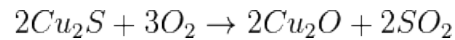


che reagisce con la silice aggiunta:

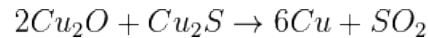


formando un silicato, che costituisce poi la scoria.

Il solfuro di rame si trasforma in **ossido rameoso**:



e con una nuova reazione (con il solfuro di rame) forma **rame metallico**:



Si viene a creare una massa metallica fusa per il 98 % formata da rame con piccole quantità di Cu_2O e impurezze varie come arsenico, zolfo, ferro e nichel.

L'ossido di rame dà un colore scuro alla massa metallica, per cui il prodotto ottenuto è detto anche **rame nero**.

Talvolta è necessario procedere ad una operazione detta **pinaggio**. Essa consente di ridurre il tenore di ossigeno, introducendo nel forno un tronco verde di pino che, bruciando, permette di sprigionare vapore acqueo e altri gas riducenti. Tale operazione permette di ottenere gli anodi che saranno sottoposti alla fase successiva di raffinazione elettrolitica. Se però la raffinazione termica è stata molto accurata, non è obbligatorio procedere a tale operazione.

Raffinazione elettrolitica

Consente di ottenere i livelli massimi di purezza del rame.

Si effettua con il processo **ad anodo solubile** in delle vasche contenenti una soluzione di solfato di rame ed in cui gli anodi si alternano ai **catodi**.

I catodi sono composti da **lamierini sottili di rame** ad elevata purezza di origine elettrolitica.

Una **corrente elettrica** viene fatta circolare tra anodi e catodi, in modo tale da dissolvere l'anodo in ioni che, migrando, si vanno a depositare sul catodo. Regolando **differenza di potenziale** ed **intensità di corrente** si può far sì che i metalli che formano le impurezze si depositino separatamente dal rame. I metalli meno nobili del rame restano in soluzione, mentre i più nobili vanno a finire nei fanghi da cui sono separati ad intervalli periodici.

Ad anodi esauriti si interrompe il processo e i catodi, una volta estratti, sono sottoposti a lavorazioni successive o commercializzati.

Rifusione e colata

I catodi devono, prima di subire lavorazioni per deformazione plastica, essere rifusi. Questa operazione è molto delicata poichè una conduzione errata del forno potrebbe inquinare il metallo.

In fase di rifusione si può intervenire sul bagno al fine di modificarne la composizione per ottenere determinati prodotti finiti. Il metallo liquido viene poi periodicamente estratto dal forno e conservato in delle **siviere** apposite oppure in dei **forni di attesa** per le operazioni di colata che avverranno nel seguito.

Classificazione e designazione

Il rame è classificato in base alla sua **qualità**. In base alla norma **UNI EN 1412** si riconoscono **7 classi** o **tipi di rame** non legato.

La sigla con cui vengono individuati e che accompagna il simbolo chimico del rame **Cu** sta ad indicare il processo con cui è stato ottenuto.

I tipi di rame maggiormente impiegati e commercializzati sono il rame **Cu-ETP** e il **Cu-DHP**.

Vediamo, con la tabella che segue, le composizioni chimiche dei due tipi di rame:

Tipo di rame	Cu + Ag	Bi	Pb	O₂	P
Cu-ETP	99.90	0.001	0.005	0.04	-
Cu-DHP	99.90	0.001	0.010	-	0.013 - 0.050

Come si può vedere le differenze tra i due tipi sono molto piccole e prevalentemente dovute alla presenza diversa di ossigeno e fosforo. Il fosforo, in particolare, influenza le caratteristiche del rame in maniera non indifferente. Infatti la conduttività elettrica del **Cu-DHP** si riduce anche fino al 30 % rispetto a quella del **Cu-ETP**.

Le leghe

Sono dette **leghe di rame** quelle in cui vi è un tenore di rame superiore al 50 % in massa. Le leghe di rame più importanti sono:

- **ottoni** (leghe rame + zinco);
- **bronzi** (leghe rame + stagno);
- **cuprallumini** (leghe rame + alluminio);

- **cupronichel** (leghe rame + nichel + zinco).

Queste leghe, oltre all'alligante principale, possono contenere anche degli elementi in più con tenore ovviamente inferiore a fine di migliorare determinate proprietà.

Trattamenti termici delle leghe

Si verifica spesso nelle lavorazioni plastiche delle leghe di rame il fenomeno dell'**incrudimento**. Ciò provoca **scorrimenti relativi** dei grani cristallini e **suddivisioni di piani** che determinano **condizioni di rigidità** tale che ogni deformazione viene impedita e il materiale acquista una durezza molto elevata.

Tramite una operazione detta **ricottura**, ad una temperatura detta **di ricristallizzazione**, si possono ripristinare le condizioni di plasticità prima dell'incrudimento.

L'operazione va eseguita con delicatezza in quanto vanno evitate le atmosfere riducenti ma anche quelle ossidanti e il materiale non deve venire in contatto con le fiamme.

A tal fine si usa immergere i pezzi in **acqua** o **olio** che, evaporando, rendono neutra l'atmosfera.

La temperatura consigliata per le leghe di rame è 480 °C. Il raffreddamento avviene in acqua.

Gli ottoni, ad esempio, vengono sottoposti alla **normalizzazione** che elimina le tensioni interne e il pericolo di crepe e rotture, dette **di stagionatura**, che appaiono dopo un certo tempo di lavorazione a freddo degli ottoni stessi. Il raffreddamento avviene in aria.

Classificazione e designazione delle leghe

Le leghe di rame sono classificate in:

- leghe di rame **da fonderia**;
- leghe di rame **da lavorazione plastica**.

Le leghe di rame da fonderia si classificano poi in:

- leghe **allo stato di pani**;
- leghe **allo stato di getti**.

Le leghe allo stato di pani sono indicate con la lettera **G** anteposta alla designazione.

Le leghe allo stato di getti sono indicate con la lettera **G** seguita da una o due lettere a seconda del modo in cui è stato ottenuto il getto:

Gs getti colati in sabbia
Gc getti colati in conchiglia
Gp getti colati in pressione
Gcf getti colati in centrifuga
Gct getti colati in continuo

Le leghe di rame da lavorazione plastica si classificano a seconda dello stato di approvvigionamento in:

- leghe **allo stato grezzo di fusione**;
- leghe **allo stato di semilavorato**.

Le leghe allo stato grezzo di fusione sono indicate con la lettera **P**.

Le leghe allo stato grezzo di semilavorato sono indicate con la lettera **P** seguita da una seconda lettera che indica lo stato di lavorazione:

Pl semilavorato laminato
Pe semilavorato estruso
Pf semilavorato fucinato
Ps semilavorato stampato
Pt semilavorato trafilato

Inoltre sempre per i semilavorati la designazione è completata aggiungendo una delle seguenti lettere che indicano lo stato di fornitura:

R ricotto
H incrudito
T temprato
B bonificato
V rinvenuto
D normalizzato
A invecchiato artificialmente

Inoltre la sigla **H** è seguita sempre da un numero di due cifre che indica il grado di incrudimento, cioè la percentuale di riduzione di sezione subita dal semilavorato dopo l'ultima ricottura:

$$\frac{S_0 - S_1}{S_0} \cdot 100$$

Infine, le leghe di rame sono designate mediante i simboli chimici degli elementi componenti.

Essi si succedono in ordine decrescente dei tenori relativi. Ogni simbolo, eccettuato quello del rame, è seguito da un numero indicante la percentuale con la quale è presente.

Bibliografia

Tecnologie generali dei materiali - Caiazzo, Sergi.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Asdf:rame-propriet-produzione-leghe-e-trattamenti-termici>"